

Auflösungsvermögen von Optiken messen

Wozu?

Es ist eine gute Idee, sich einen Überblick über das Leistungsvermögen der eigenen Geräte zu verschaffen. Mit den unten beschriebenen, einfach durchzuführenden Messungen lassen sich Fragen beantworten wie:

- Ist ein Objektiv, welches man kaufen will, optisch in Ordnung?
- Wie weit muss ich abblenden, damit eine Optik eine akzeptable Leistung erreicht? Wie weit muss abgeblendet werden für die optimale Leistung? Und wie weit, wenn dies auch für Ränder und Ecken gelten soll?
- Hat ein Zoom-Objektiv einen „schwachen“ Brennweitenbereich?
- Überträgt eine Kamera Erschütterungen auf das Bild? Bei welchen Belichtungszeiten ist dies besonders stark? Ist das Stativ stabil genug für die Kamera?

Messanordnung

Das beschriebene Verfahren gestattet die Messung des Auflösungsvermögens in Linienpaaren pro Millimeter durch die Aufnahme einer Testtafel mit Linienmustern unterschiedlichen Abstandes. In diese Testaufnahmen gehen nun alle Einflussgrößen ein, welche die Bildschärfe verschlechtern:

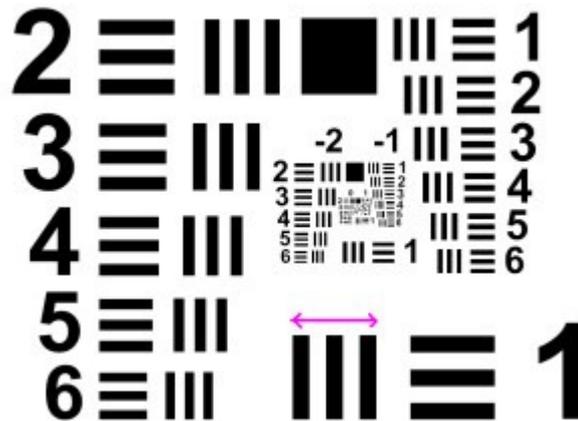
- Untugenden der Optik
- Verwacklungen / Vibrationen
- Auflösungsvermögen des Films.

In Abhängigkeit davon, was man untersuchen möchte, muss man die anderen Parameter so weit optimieren, dass ihr Einfluss möglichst gering bleibt:

- Es muss vorab geprüft werden, ob die Entfernungseinstellung der Kamera ordentlich funktioniert. Hierbei kann man entweder den Sucher oder die Meterskala benutzen, völlig überein stimmt das nur selten. Die Entfernungseinstellung prüft man mit Probeaufnahmen an einem Zollstock. Die Entfernungsmessung bezieht sich auf die Filmebene, nicht auf die Objektiv-Vorderlinse! Wenn die Entfernungsmessung nicht stimmt, braucht für die Auflösungs-Untersuchungen nicht unbedingt die Kamera neu justiert zu werden. Wichtig ist nur, dass man die „richtige“ Entfernung auf irgend eine Weise eingestellt bekommt. Man kann also mit Korrekturen arbeiten.
- Eigenschaften der Optik müssen mit feinkörnigem Film und von einem schweren Stativ aus ermittelt werden. Vibrationen müssen ausgeschlossen werden, der Einfluss der Filmauflösung soll so gering wie möglich sein.
- Einfluss von Verwacklungen (z.B. von Aufnahmen aus der Hand oder zur Untersuchung der Stabilität von Stativen) müssen mit bekannt guten Optiken im optimalen Blendenbereich angefertigt werden.
- Das Auflösungsvermögen des Filmes lässt sich nur dann bestimmen, wenn ein besonders gut abbildendes Objektiv vorhanden ist, welches die Filmauflösung übertrifft.

Fotografiert wird eine Auflösungstafel, die Muster mit verschiedener, bekannter Auflösung enthält. Eine solche Tafel liegt auf meiner Webseite. Man kann sie auf dem eigenen Drucker ausdrucken. Der Drucker muss auf Querformat gestellt werden, bei

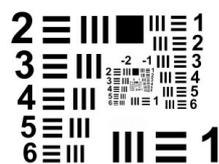
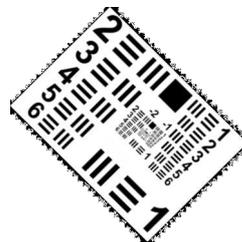
Seitenanpassung ist „keine“ zu wählen. Das markierte untere Quadrat muss dann 4 cm Seitenlänge haben.



Als Aufnahme-Entfernung haben sich 4 Meter bewährt. Dies hat mehrere Vorteile:

- Es ist eine typische Entfernung für die meisten Objektive. Sie sind für diese Entfernung berechnet und zeigen ihre Bestleistung.
- Die Entfernung ist groß genug, um genau gemessen zu werden, z.B. mit dem Zollstock mit einer Differenz von wenigen Millimetern. Andererseits ist die Entfernung klein genug, dass man sie in der Wohnung realisieren kann.

Benötigt werden zwei Testtafeln. Eine bringt man im Zentrum des Bildes an, die zweite in der Ecke, und zwar schräg. Objektive haben tangential und radial eine unterschiedliches Auflösungsvermögen, das kann man hiermit trennen. Die Vorlage (z.B. an eine Wand gepinnt) sieht so aus:



Für Verwacklungs- und Stativtests genügt eine Tafel in der Mitte.

Auswertung

Die Strichmuster der Testtafel verkörpern unterschiedliche (wirkliche) Auflösungen. Ein Strichmuster gehört zu einer Gruppe, die aus je sechs Mustern besteht. Die beiden größten, äußeren Gruppen haben die Kennzahl -4 und -3, sie ist nicht beschriftet. Nach innen werden die Gruppen immer kleiner, -2, -2, 0, 1 2 und 3. Die letzten beiden lassen sich wahrscheinlich nicht benutzen, weil dies die Auflösungskraft des Druckers nicht hergibt. Das Muster 1 steht für die geradzahigen Gruppen aus drucktechnischen Gründen unten daneben und nicht darüber.

Die tatsächlichen Auflösungen in Linienpaaren pro Millimeter (lp/mm):

Gruppe	Muster1	Muster2	Muster3	Muster4	Muster5	Muster6
-4	0.062	0.070	0.079	0.088	0.099	0.111
-3	0.125	0.140	0.158	0.177	0.198	0.222
-2	0.250	0.281	0.315	0.354	0.397	0.445
-1	0.500	0.561	0.629	0.707	0.794	0.891
0	1.00	1.12	1.26	1.41	1.59	1.78
+1	2.00	2.24	2.52	2.83	3.17	3.56
2	4.00	4.48	5.04	5.66	6.34	7.12
3	8.00	8.96	10.08	11.32	12.68	14.26

Es muss dasjenige Muster ermittelt werden, was auf dem Negativ gerade eben noch die Längs- bzw. Querrichtung der Streifen erkennen lässt. In den Ecken des Bildes werden die radialen (in die Ecke gerichteten) und tangentialen (quer dazu) Muster verschiedene Werte ergeben. Am besten benutzt man zum Betrachten ein Mikroskop oder eine starke Lupe. Auch Papierbilder (Vergrößerungen) sind geeignet, wenn das Vergrößerungsobjektiv sehr hochwertig ist.

Die Auflösung auf dem Film berechnet sich nach folgender Formel:

$$\text{lp/mm(Film)} = \text{lp/mm(Testtafel)} * \text{Entfernung} / \text{Aufnahmebrennweite}$$

Beispiel:

Mit einem 75-Millimeter-Objektiv wird die Testtafel aus 4 Metern Entfernung abgelesen. Das Muster 5 der Gruppe -1 lässt sich gerade noch trennen. Die Tabelle ergibt eine Auflösung der Testtafel zu 0.794 lp/mm.

$$\text{lp/mm(Film)} = 0.794 \text{ lp/mm} * 400 \text{ cm} / 7,5 \text{ cm} = 42 \text{ lp/mm}$$

Welche lp/mm-Werte kann man akzeptieren?

Für hochwertige Vergrößerungen wird eine Auflösung von 10 lp/mm auf dem Papierbild angestrebt. Dies gilt zumindest für die bildwichtigen Einzelheiten. Man kann erwägen, für Ränder und Ecken Abstriche zu machen und dort 5 oder gar nur 3 lp/mm durchgehen zu lassen. Werte darunter würde ich nicht mehr als schärfemäßig hochwertig bezeichnen (obwohl solche Bilder durchaus ausdrucksstark sein sollen). Puristen geben sich mit meinen Werten übrigens nicht zufrieden: Es wurde ermittelt, dass unser Auge bis hinauf zu etwa 25 lp/mm einen Unterschied erkennt, bei 25 cm Betrachtungsabstand.

Für einen 18x24-cm²-Abzug vom Kleinbild ist etwa eine 7-fache Vergrößerung nötig. Objektiv+Film sollten also 70 lp/mm in der Bildmitte aufzeichnen. Das ist mit ordentlicher Technik zu schaffen. Ein 24x30-cm²-Abzug vom Mittelformat erfordert eine reichlich 5-fache Vergrößerung. Das Objektiv sollte also um 50 lp/mm auflösen. Eine 50x50-cm²-Abzug vom Mittelformat oder ein 24x30-cm²-Abzug vom Kleinbild erfordern ca. 9x. Dies erfordert vom 90 lp/mm und stellt die Grenze dessen dar, was mit niedrigempfindlichen Filmen und sehr guten Objektiven erreichbar ist.

Bitte beachtet: Die Angaben der Literatur sind oft deutlich höher. Sie beziehen sich aber auf einen Kontrast der Messtafel von 1:1000, was sich nur mit von hinten beleuchteten,

sehr dichten Glasnegativen erreichen lässt. Wir arbeiten hier unter fotografischen Normalbedingungen mit einem Kontrast um 1:50.